

**UNIVERSIDADE DE SANTO AMARO- UNISA**

**Curso de Ciências Biológicas**

**Sarah Cristina da Silva Costa**

**1ª LEI DE MENDEL:**

**APLICADA AO ENSINO MÉDIO.**

**São Paulo**

**2020**

**Sarah Cristina da Silva Costa**

**1ª LEI DE MENDEL:  
APLICADA AO ENSINO MÉDIO.**

Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da  
Universidade de Santo Amaro – UNISA,  
como requisito parcial para obtenção do título  
em Licenciatura Plena.

Orientador: Prof. Dr. Reynaldo Cícero de Toledo.

**São Paulo**

**2020**

C875p Costa, Sarah Cristina da Silva

1ª Lei de Mendel: aplicada ao ensino médio / Sarah Cristina da Silva Costa. – São Paulo, 2020.

54 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura Plena em Ciências Biológicas) – Universidade Santo Amaro, 2020.

Orientador(a): Prof. Dr. Reynaldo Cícero de Toledo

1. 1ª Lei de Mendel. 2. Genética. 3. Ervilhas. 4. Teste do quiquadrado. I. Toledo, Reynaldo Cícero de, orient. II. Universidade Santo Amaro. III. Título.

Elaborado por Ricardo Pereira de Souza – CRB 8 / 9485

**Sarah Cristina da Silva Costa**

**1ª LEI DE MENDEL:  
APLICADA AO ENSINO MÉDIO.**

Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da  
Universidade de Santo Amaro – UNISA,  
como requisito parcial para obtenção do título  
em Licenciatura Plena.

Orientador: Prof. Dr. Reynaldo Cícero de Toledo.

São Paulo, .....de .....de 2020

**Banca Examinadora**

Prof. Dr.

Prof. Dr.

Prof. Dr.

Dedico este trabalho em memória de minha mãe Priscila, a lembrança  
mais linda que eu poderia ter.

## Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado a oportunidade e força para chegar até aqui.

Ao meu querido orientador e prof. *Reynaldo*, por todos os ensinamentos sobre Ciência e Genética que me foram passados, por toda paciência e por todo empenho que teve.

À minha família e amigos pelo apoio e incentivo, e principalmente a minha mãe *Priscila Cristiane* por ter sempre investido na minha educação e me orientado com seus conselhos para que eu tenha me tornado esta pessoa.

Aos meus colegas de classe, que me acompanharam desde o início deste curso, *Tamires Pacheco, Carolina Babesco, Sara Zanelato, Diego Santos, Gabriel Leal, Rhanna Ferreira, Laura Regina, Beatriz Cruz, Tayna Leite e Mayara Jaco.*

Aos meus professores queridos, *Ricardo Tabach, Paulo Affonso, Maria do Socorro Pereira Lippi* e novamente *Reynaldo Cícero de Toledo*. Sou eternamente grata por todos os ensinamentos, e por mostrar-me a vida com um outro olhar.

“Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”

**Antoine Lavoisier**

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo apresentar a ciência genética dentro da disciplina Biologia, com enfoque na primeira Lei de Mendel e suas aplicações. Do mesmo modo foi evidenciada a importância que a genética possui para a sociedade, desde o século passado. Para a elaboração deste trabalho foi realizado um levantamento bibliográfico utilizando-se livros do Ensino Superior e artigos disponíveis na Internet, que serviram como fundamento para a sua realização. Livros didáticos do Ensino médio foram avaliados de acordo com os Parâmetros Nacionais Curriculares (PCN) e serviram de base para a elaboração da aula e do plano de aula. Neste estudo foi possível analisar o que se pensava anteriormente aos trabalhos de Mendel e à redescoberta das leis que deram base ao Mendelismo, bem como ao método de trabalho de Mendel, seus experimentos e conclusões. Em um segundo momento, foi aplicado o teste de qui-quadrado a fim de se analisar os resultados obtidos por Mendel em suas experiências com cruzamentos de ervilhas. A análise desses resultados por esse teste estatístico mostrou que os valores obtidos nesses experimentos eram, com altas probabilidades, compatíveis com a proporção fenotípica esperada de 3:1, na geração F2 (segunda geração filial).

Palavras-chave: Biologia. 1a Lei de Mendel. Ervilhas. Genética. Teste do Quiquadrado

## **ABSTRACT**

The present work aims to present the genetic science in the discipline Biology, focusing on the first Law of Mendel and its applications. In the same way, the importance that genetics has had for society since the last century has been highlighted. For the preparation of this work, a bibliographic survey was carried out using Higher Education books and articles available on the Internet that served as a basis for its realization. High school textbooks were evaluated according to the National Curriculum Parameters (PCN) and served as a basis for the preparation of the lesson and the lesson plan. In this study, it was possible to analyze what was previously thought of Mendel's work and the rediscovery of the laws that gave rise to Mendelism, as well as Mendel's method of work, his experiments and conclusions. In a second step, the chi-square test was applied in order to analyze the results obtained by Mendel in his experiments with pea crosses. The analysis of these results by this statistical test showed that the values obtained in these experiments were, with high probabilities, compatible with the expected phenotypic proportion of 3: 1, in the F<sub>2</sub> generation.

**Keywords:** Biology. Mendel's First Law. Peas. Genetics. Chi-square Test.

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 História inicial da educação no Brasil.....	11
1.2 O Ensino Médio e a Biologia.....	12
1.3 Genética no Ensino Médio.....	14
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
4 RESULTADOS.....	18
4.1 Revisão bibliográfica.....	18
4.1.1 Importância da genética.....	18
4.1.2 Genética clássica.....	18
4.1.3 Genética molecular.....	20
4.1.4 Genética de populações.....	21
4.1.5 Conceitos e nomes utilizados em genética.....	22
4.1.6 Teorias pré-mendelianas.....	25
4.1.6.1 Teoria da epigênese.....	25
4.1.6.2 Teoria da pré-formação ou preformismo.....	26
4.1.6.3 Teoria dos caracteres adquiridos.....	26
4.1.6.4 Teoria do padrão hereditário mesclado.....	27
4.1.6.5 Teoria da pangênese.....	27
4.1.7 A vida de Johann Gregor Mendel.....	28
4.1.8 Os experimentos de Mendel.....	30
4.1.8.1 O cruzamento monoíbrido de Mendel.....	33

4.1.8.2	Recomendações de Mendel.....	35
4.1.8.3	Divisão e arranjo das experiências .....	35
5	Aplicação do teste de $\chi^2$ aos resultados de Mendel.....	39
5.1	O teste do $\chi^2$ - generalidades .....	39
5.2	Aplicação do teste do $\chi^2$ .....	40
6	ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS.....	42
7	PLANO DE AULA .....	44
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
	REFERÊNCIAS	
	ANEXOS	

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 História inicial da Educação no Brasil

O estudo da vida e dos seres vivos possui um passado de vários séculos; na pré-história, as figuras esculpidas foram muito importantes, pois demonstravam animais que existiam no passado e alguns ainda existentes; retratavam de forma rudimentar traços ancestrais, onde já se iniciava o estudo da vida. Constata-se que observações biológicas foram importantes para a construção da biologia moderna e o início do aprendizado. <sup>(1)</sup>

No período colonial, as ideias iniciais para educação surgiram através dos jesuítas com intuito de converter os índios ao catolicismo por meio da catequese e o ensino de ler e escrever português. Os jesuítas eram grandes influenciadores religiosos e tinham diversos princípios de como o homem seria perfeito através de sua conversão, disciplina e obediência absoluta, além de basear seus fundamentos na estrutura militar.<sup>(2)</sup> Inicialmente, os jesuítas tinham como princípio formar indivíduos capazes de combater a heresia e realizar conversão dos pagãos, caracterizando uma milícia. <sup>(3)</sup>

O papel dos jesuítas foi fundamental na educação, pois seus propósitos atendiam parte da população menos favorecida e conseqüentemente com menor acesso à educação.

Para facilitar a comunicação dos jesuítas com os indígenas e colocar em prática um projeto educacional que modificaria a sociedade, foi preciso manter uma comunicação mais harmônica e coesa, através da aprendizagem da língua indígena e utilização de intérpretes. <sup>(2)</sup>

Apesar das críticas referentes ao “projeto jesuítico” no período colonial brasileiro é importante destacar que os jesuítas contribuíram muito para a formação de uma nova sociedade. A sociedade brasileira do século XVI foi transformada de acordo com os padrões culturais e sociais dos países europeus do século XVI. <sup>(2)</sup>

Em agosto de 1549 foi fundada, na Bahia, a primeira escola brasileira de ler e escrever, pelo jesuíta português padre Manuel da Nóbrega (1517-1570) e alguns outros jesuítas. Nóbrega realizou planos de estudos onde incluía

ensinamento dos estudos elementares e, após isso, o aluno escolheria entre o ensino profissionalizante e o ginásial. Esse jesuíta teve um intenso papel no processo de colonização dos índios. Ao seu comando foram formadas cinco escolas de educação elementar e três colégios. <sup>(2)</sup>

## **1.2 O Ensino Médio e a Biologia**

O aprendizado das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias no Ensino médio tem como objetivo direcionar o entendimento de forma tal que essas áreas se conectem entre si, propiciando conhecimentos que não se resumem apenas a formar um trabalhador e sim com aprendizados úteis para a vida e conseqüentemente para o trabalho. <sup>(4)</sup>

Com a compreensão ampla e não restrita dos conhecimentos, utilizando a interdisciplinaridade, o aluno não se limita apenas ao conhecimento técnico, mas também ao desenvolvimento de meios para interpretar fatos naturais, a fim de compreender procedimentos e equipamentos do âmbito cotidiano, social e profissional, assim como ter uma visão de mundo mais ampla. Através disto, desenvolve-se no aluno a percepção evolutiva da vida, dos organismos, do planeta, a compreensão de nossa vivência, o entendimento da história e da cultura. Tudo isto pode acontecer no ensino Médio através do conjunto de práticas científicas e pedagógicas onde haja construção coletiva desse modo de compreensão por parte de todo o sistema escolar, professores, alunos, comunidade, coordenadores e diretores. <sup>(4)</sup>

A Lei de diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB/96) estabelece que o Ensino Médio é a última etapa da educação básica que completa os conhecimentos e as experiências adquiridas através do ensino fundamental. <sup>(4)</sup>

É muito importante que alunos reflitam acerca de assuntos como: meio ambiente, sustentabilidade, saúde, ética, entre outros que possuem ligação com a biologia. A reflexão do aluno possibilita um despertar consciente da interpretação e do senso crítico, ao abordar os temas polêmicos como: manipulação genética, clonagem, experimentação animal, além de estimular o

aluno a ter um olhar crítico e formar uma opinião acerca dos assuntos propostos sem fugir da temática biológica. <sup>(5)</sup>

Ensinar biologia é algo muito complexo, exigindo muito do professor e do aluno. A linguagem muitas vezes diverge da que é utilizada comumente, porém os temas propostos, de alguma forma, sempre se relacionam com o aluno, desde organismos microscópicos até os processos bioquímicos. <sup>(6)</sup>

Considera-se que é necessário implementar novas hipóteses sobre a aprendizagem e pôr fim à apropriação do saber científico, de forma que o aluno seja estimulado a realmente aprender e saber a utilidade do conhecimento adquirido. Recentemente, não se incentiva o aluno a compreender da maneira correta, mas sim a reter informações sem saber a sua utilidade. É necessário que os docentes a princípio questionem-se como se aprende, como se ensina e como facilitar o processo de aprendizagem aos alunos, para que haja uma compreensão de forma completa, e não mais apenas reter informações e esquecer logo em seguida, caracterizando o que se pode chamar de pseudossaber, pois observam-se dificuldades dos alunos na compreensão da ciência e sua utilidade. <sup>(7)</sup>

O filósofo francês Gaston Bachelard (1884-1962) admite que “Há um momento em que a mente prefere o que confirma seu saber ao que o contradiz; quando prefere respostas a perguntas, prevalece então o instinto conservativo”. <sup>(8)</sup>

Ou seja, é necessário estimular os alunos com formas alternativas de exposições; mesmo que haja previamente uma ideia formada a cerca de um assunto, é essencial acrescentar informações, corrigi-las, aprimorá-las e demonstrar que a ciência está em constante mudança; por isso, nem sempre é suficiente acrescentar informações ao que já sabemos; é imprescindível rever as informações e compará-las de acordo com a atualidade.

O ensino da biologia é importante para que o aluno contextualize seus conhecimentos obtidos através das aulas com o cotidiano, e com a própria biologia em todas suas disciplinas estabelecendo relações entre elas. E além de tudo, compreenda o mundo natural, as questões sociais, culturais e ambientais, atrelando seu conhecimento a fatos. <sup>(6)</sup>

### 1.3 Genética no Ensino Médio

Há milhares de anos de alguma forma, mesmo que simplória, pois não tínhamos os mesmos conhecimentos e ferramentas de hoje, as pessoas tinham noção de que as características eram passadas para os descendentes, isto é, o que conhecemos hoje como hereditariedade. Ainda que a ciência da genética seja considerada recente, as reflexões a cerca deste campo do conhecimento já ocorriam há muito tempo. O início da agricultura, por exemplo, foi desencadeado quando as pessoas começaram a executar os conceitos da genética à domesticação de plantas e animais.

A genética é uma disciplina que se relaciona com muitas outras e tem grande importância no estudo da biologia. A evolução, por exemplo, é uma modificação genética que acontece com o decorrer do tempo. O estudo de qualquer área da Biologia ou Medicina não é completo sem o entendimento dos métodos genéticos e dos genes. <sup>(9)</sup> Todos nós possuímos genes (genes são unidades de informações sobre traços que podem ser herdadas) <sup>(10)</sup> que influenciam significativamente na nossa vida. Os genes determinam nossa cor do cabelo, nossa altura, nosso peso, afetam nossa propensão a doenças e até mesmo contribuem para a nossa personalidade. <sup>(9)</sup>

Vê-se, nos dias atuais, o quanto a ciência e a genética são importantes, por exemplo, na realização do sequenciamento do genoma do RNA do novo corona vírus; com este feito, futuramente será possível realizar o desenvolvimento de uma vacina e até mesmo de medicamentos para tratar a doença. Entretanto, através deste exemplo e, de muitos outros, podemos constatar que já há um grande avanço em conhecer o genoma deste vírus. Saber como os vírus em geral se comportam em nível genômico pode auxiliar no desenvolvimento de drogas eficientes, com isto podemos verificar como é grande a importância da genética para a sociedade. <sup>(9)</sup>

O entendimento dos princípios básicos da herança dos genes auxilia para a formação da cidadania, uma vez que a genética faz parte da vida das pessoas, aborda temas essenciais para os alunos, tais como hereditariedade, organismos geneticamente modificados, clonagem, terapia gênica, células tronco, aborto, manipulação do DNA. Por isto, sua aprendizagem torna-se essencial no ensino

médio, sendo imprescindível familiarizar os alunos com os códigos dessa ciência e suas linguagens técnicas, facilitando o entendimento para que possam compreender os conceitos básicos e utilizá-los em sua vida. Deste modo, torna-se necessário não se limitar o estudo da genética apenas na sala de aula, mas também ter o conhecimento da aplicação de seus conceitos no dia a dia. <sup>(10)</sup>

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Este trabalho tem por objetivo geral a elaboração de um plano de aula, sobre o tema “Primeira de Lei de Mendel” com base nas informações obtidas de 3 livros didáticos do Ensino médio.

### **2.2 Objetivos específicos**

Tem como objetivos específicos:

Realizar um levantamento bibliográfico, sobre o tema “Primeira Lei de Mendel” com base em livros de Genética, publicações e artigos científicos;

Analisar comparativamente os três livros do ensino médio, fundamentalmente quanto às informações, conteúdo, ilustrações didáticas e estrutura.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados foram livros do ensino superior, artigos científicos e livros didáticos, bem como sites que abordam o tema. Grande parte do levantamento bibliográfico foi realizado na biblioteca Dr. Milton Soldani Afonso, da Universidade de Santo Amaro.

Foram utilizados três livros didáticos do Ensino médio para análise. Nestes livros, foram observadas e analisadas as imagens, a adequação da linguagem aos alunos, a relevância das informações e do conteúdo, a autenticidade do conteúdo, as atividades, o formato, a estrutura geral do livro e a conformidade com a temática “Primeira Lei de Mendel”.

Os livros indicados abaixo foram avaliados a partir dos critérios: ótimo, bom, regular, ruim.

- 1- Amabis JM, Martho GR. Biologia: Biologia moderna. Volume 3. 1ª ed. São Paulo: Moderna; 2016. 355p.
- 2- Mendonça VL. Biologia. Volume 3. 3ª ed. São Paulo: AJD; 2016. 384p.
- 3- Lopes S, Rosso S. Bio. Volume 3. 3ª ed. São Paulo: Saraiva; 2016. 289p.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1 Revisão bibliográfica**

#### **4.1.1 Importância da genética**

A genética é uma ciência que estuda os genes e a hereditariedade. A hereditariedade é o mecanismo de transmissão de material genético de pais para filhos ao longo de suas gerações. Atualmente, a genética é uma das áreas da biologia que mais vem se desenvolvendo por meio de suas aplicações e benefícios à sociedade. Trata-se de uma das ciências que tem tido grande impacto sobre nós, sobretudo por meio de suas aplicações, na biotecnologia, agricultura e na medicina. É um campo do conhecimento que nos permite discernir o que nos faz humanos e o que difere em cada um de nós como indivíduos.

A genética surgiu no início do século 20, tendo-se iniciado com o estudo do mecanismo de transmissão de características de pais para filhos, isto é, como tais características são herdadas. Até meados do século 20, não se tinha uma ideia bem definida do que era o material hereditário. Durante décadas os geneticistas questionavam-se sobre o que seria o material hereditário. Em 1944, os pesquisadores demonstraram experimentalmente que o DNA era o material hereditário. Em 1953, houve a elucidação da estrutura do DNA e, com isto, a genética teve seu momento de esclarecimento. A partir desta data, os pesquisadores descobriram a maneira pela qual funciona o DNA como material hereditário e, com o tempo, tornou-se possível a realização de análises do DNA de genomas completos, inclusive o dos humanos.

Apesar de a genética ter se desenvolvido no século 20, sua origem está baseada no trabalho de Gregor Mendel. <sup>(11)</sup>

#### **4.1.2 Genética clássica**

A genética clássica ou genética de transmissão compreende os fundamentos básicos de hereditariedade e como ocorre a transmissão das características de uma geração para outra. Este campo da genética é voltado para a relação entre a hereditariedade e os cromossomos, o mapeamento dos

genes e a forma como se organizam os genes nos cromossomos. Seu objetivo fundamental é o conhecimento de como um organismo herda os genes e transmite estes genes para sua a prole. <sup>(11)</sup>

A era da Genética clássica corresponde à época anterior a descoberta da estrutura do DNA. Durante este período, os geneticistas estudavam resultados de cruzamentos entre linhagens diferentes de organismos, assim como Mendel realizou em seu trabalho com ervilhas. Neste tipo de estudo, os genes são reconhecidos pelo estudo da herança das diferenças de características – ervilhas lisas e rugosas, por exemplo - no cruzamento da prole. As diferenças de características são definidas por formas alternativas de genes. Frequentemente mais de um gene influencia uma característica e, em várias ocasiões, as condições ambientais também influenciam, podendo dificultar o estudo da herança. Na Genética clássica, os genes são analisados e estudados por “rastreio” da herança de características em cruzamentos entre diferentes linhagens de um organismo, como pode ser feito em linhagens de cães da raça Cocker Spaniel, por exemplo (Fig. 1). Grande parte da análise genética clássica requer comparações entre parentes – pais e filhos, irmãos, meios-irmãos, e assim por diante. O procedimento usual é acompanhar uma característica específica ao longo de uma série de cruzamentos ou rastreá-la em um conjunto de heredogramas. <sup>(9)</sup>



**Figura 1. Cães da raça Cocker Spaniel, cuja pelagem malhada é condicionada por um alelo recessivo.**

Fonte: racasdecachorro ... <sup>(12)</sup>

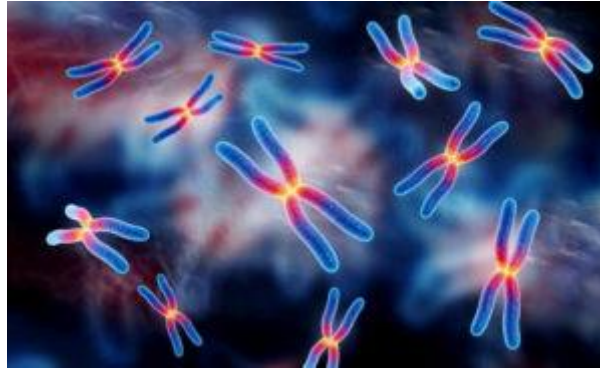
### 4.1.3 Genética molecular

Na Genética molecular, os genes são analisados por isolamento, sequenciamento e manipulação do DNA. O estudo genético molecular teve início com o estudo das sequências de DNA. <sup>(9)</sup>

Em 1869, o médico suíço Friedrich Miescher (1844-1895) realizou pesquisas que resultaram em um dos acontecimentos de grande importância para a ciência: o descobrimento do DNA. Como material biológico, utilizou leucócitos e inicialmente investigou as proteínas, que eram conhecidas como estruturas básicas da vida e hereditariedade. Durante seus experimentos, Miescher encontrou uma substância existente no núcleo, que não possuía as mesmas características e composição das proteínas; a esta substância ele denominou nucleína, referindo-se assim ao DNA, como o entendemos atualmente. <sup>(9)</sup>

Houve o início de uma nova etapa com o descobrimento da estrutura do DNA, em 1953 por James Watson (1928-) e Francis Crick (1916-2004). Esta descoberta foi extremamente importante porque possibilitou o estudo da replicação, da expressão e da mutação de genes em nível molecular. <sup>(9)</sup>

A abordagem molecular de análise genética vai muito além dos estudos da sequência de DNA. Os geneticistas desenvolveram um método em que cortavam as moléculas de DNA contidas em cromossomos (Fig. 2). Depois de isoladas, essas moléculas eram cortadas em locais específicos, possibilitando a retirada de genes completos ou pedaços de genes de uma molécula de DNA, podendo-se, com isto, inseri-los em outra molécula. Essas moléculas de DNA “recombinantes” são capazes de replicar em células bacterianas ou em tubos de ensaio que contenham as enzimas adequadas. Em síntese, os geneticistas adquiriram conhecimento que possibilitou a capacidade de manipular os genes “à vontade” e essa habilidosa manipulação permitiu aos pesquisadores estudar detalhadamente os fenômenos genéticos. <sup>(11)</sup>



**Figura 2. Cromossomos.**

Fonte: Portal São Francisco <sup>(13)</sup>

#### **4.1.4 Genética de populações**

A genética pode ser estudada em toda população de organismos. Na genética de populações, os genes são analisados por avaliação da variabilidade entre indivíduos de um grupo de organismos. Alelos diferentes de um gene podem ocorrer em indivíduos de uma mesma população. Esses alelos diferentes geram diversidade genética, isto é, variabilidade na estrutura genética dos indivíduos de uma população (Fig. 3). Os geneticistas procuram documentar essa variabilidade e entender seu significado. A análise mais básica é identificar as frequências de alelos específicos em uma população e, então, averiguar se essas frequências mudam com o tempo. Em caso de mudança, a população está evoluindo. Conseqüentemente, a avaliação da variabilidade genética em uma população é o fundamento para o estudo da evolução biológica. Também é benéfica para compreender a herança de características complexas, como a predisposição a doenças. As características complexas são de grande interesse por terem importância na área médica e agrícola. <sup>(9)</sup>



Figura 3. População de pererecas e suas variações morfológicas

Fonte: Planeta Biológico <sup>(14)</sup>

#### 4.1.5 Conceitos e nomes utilizados em genética

A vida depende da capacidade das células de realizar processos de armazenamento, recuperação e tradução da informação genética. Esta informação está localizada nos genes, que são os elementos que definem os indivíduos e as espécies. <sup>(15)</sup> Na época de Mendel não se tinha conhecimento sobre genes, meiose ou cromossomos, portanto não eram utilizados estes conceitos e muitos outros termos que usamos atualmente em genética. <sup>(10)</sup>

Para facilitar o entendimento desta disciplina, alguns conceitos (Fig. 4) e nomes relacionados ao estudo de genética precisam estar estabelecidos para a plena compreensão dos assuntos aludidos. Estes são:

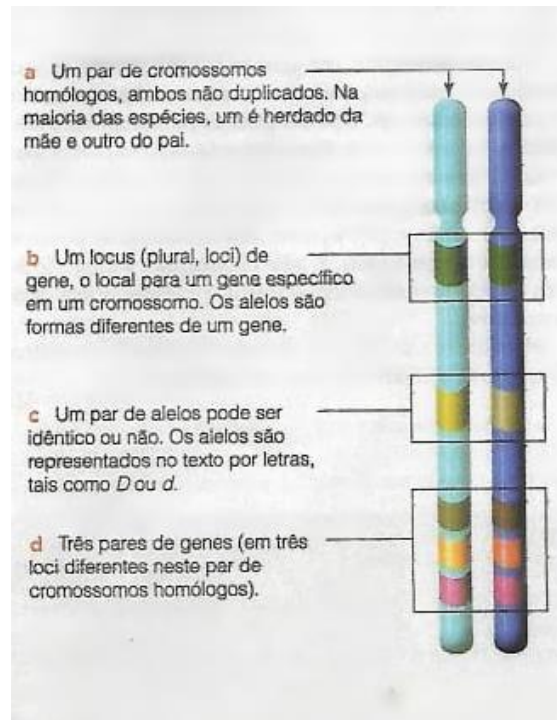


Figura 4. Alguns termos genéticos aplicados aos cromossomos.

Fonte: (Starr, 2012) <sup>(10)</sup>

**Alelos:** Formas alternativas de um gene no mesmo locus. <sup>(9)</sup>

**Cromossomo:** Unidade básica do genoma onde se localizam os genes; são compostos por cromatina (DNA e proteínas). <sup>(15)</sup>

**Cromossomos homólogos:** São cromossomos, um de origem paterna e outro de origem materna, que apresentam o mesmo conjunto de locus, porém não são réplicas um do outro. <sup>(15)</sup>

**DNA:** O DNA é uma extensa macromolécula de ácido desoxirribonucleico que representa o material genético das células dos seres vivos. <sup>(15)</sup>

**Dominante:** Um alelo é dominante quando necessita apenas de um gene para se manifestar. <sup>(15)</sup> Letras maiúsculas como *A* significam alelo dominante. <sup>(11)</sup>

**Expressão gênica:** Processo pelo qual as informações contidas em um gene são transformadas em um componente estrutural ou funcional de uma célula ou um organismo. <sup>(11)</sup>

**Fenótipo:** Refere-se aos traços do indivíduo, como por exemplo: cor da ervilha, altura da planta, cor dos olhos, forma do nariz. <sup>(11)</sup>

**Genes:** São unidades de informação sobre traços (características) que podem ser herdados. <sup>(10)</sup> Quando Mendel se referia a partículas, ele queria dizer genes. <sup>(9)</sup> O gene é um segmento do DNA que determina a síntese proteica. <sup>(15)</sup>

**Genoma:** Sequência completa do DNA que possui todas as informações genéticas de um indivíduo ou de uma espécie. <sup>(15)</sup>

**Genótipo:** Refere-se à composição genética do indivíduo. <sup>(15)</sup>

**Heterozigoto:** Um indivíduo que possui um par de alelos diferentes (Aa). <sup>(15)</sup>

**Híbrido:** Um híbrido tem alelos não idênticos para o traço, que resulta do cruzamento de dois indivíduos com formas diferentes desse traço. <sup>(10)</sup>

**Homozigoto:** Um indivíduo que possui um par de alelos iguais (AA ou aa). <sup>(15)</sup>

**Lócus:** Local onde ocorre cada gene especificamente; <sup>(10)</sup> posição que o gene ocupa no cromossomo. <sup>(15)</sup>

**Meiose:** Tipo de divisão celular que resulta na formação dos gametas, células haploides (n) com metade do número cromossômico da célula-mãe (2n) <sup>(16)</sup>. A meiose ocorre nos órgãos reprodutores e compreende duas divisões celulares, <sup>(17)</sup> uma reducional e outra equacional.

**Mitose:** Tipo de divisão celular que resulta na produção de duas células filhas geneticamente iguais à célula-mãe. <sup>(16)</sup> Muitos autores referem o termo mitose para designar a divisão do núcleo ou cariocinese e, citocinese para a divisão do citoplasma. <sup>(17)</sup>

**Recessivo:** Um alelo é recessivo quando não se manifesta na presença do dominante, manifestando-se apenas em dose dupla. <sup>(9)</sup>

#### 4.1.6. Teorias pré-mendelianas:

Desde o início dos tempos, os estudos relacionados à herança têm fomentado o interesse da humanidade. Em meados do século XVIII havia muitas dúvidas em relação à herança e geração; existiam dois aspectos em interação os quais se confundiam, estes eram: Onde está o embrião e como ocorre seu desenvolvimento? Na Grécia antiga, os filósofos Aristóteles (385 a.C. - 322 a.C.) e Hipócrates (460 a.C. - 377 a.C.) vincularam a transmissão de características humanas relevantes com o cultivo de sêmen no ambiente uterino. <sup>(15-18-19)</sup>

Descobertas importantes possibilitaram as discussões nesse período do século XVII: 1- Verificaram nos ovários de fêmeas vivíparas pequenas massas repletas de um líquido similar à clara de ovo que se torna amarelo após a cópula. Essa massa passou a ser relacionada aos ovos. Portanto, considerava-se que todas as fêmeas possuíam ovos. 2- Quanto à semente masculina, o microscópio indicava que no sêmen ocorriam pequenos “vermes”, que poderiam estar associados a reprodução. Com essas descobertas formaram-se duas teorias iniciais: a epigênese e o preformismo. <sup>(18)</sup>

##### 4.1.6.1 Teoria da epigênese

Os epigenistas aceitavam como verdade, que a geração de um novo indivíduo ocorria a partir da combinação de sementes femininas e masculinas e que de uma matéria homogênea seriam desenvolvidas as múltiplas formas.

No século XVIII, uma ideia de epigênese admitia que a geração deveria ser influenciada por algum tipo de força físico-química. George-Louis Leclerc de Buffon (1707-1788) era um naturalista e escritor francês, que, neste período, levantava hipóteses sobre moléculas orgânicas que tomariam formas em um molde interior, ao qual atribuía o desenvolvimento de um novo ser a forças gravitacionais. Já o filósofo e astrônomo Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759) indicou que ocorriam forças parecidas como acontecem em reações químicas, ou seja, moléculas amorfas aos poucos se desenvolveriam para formar um embrião. <sup>(18)</sup>

#### **4.1.6.2 Teoria da pré-formação ou preformismo**

A teoria do preformismo afirmava que o embrião já existente não era produzido pelos pais, mas sim criado por Deus no início dos tempos e permanecia no mesmo estado até o momento em que se desenvolveria.

Essa era a concepção básica dos preformistas, porém havia aqueles que acreditavam que o espermatozoide possuía dentro de si um embrião, um pequeno ser, que se desenvolveria durante a gestação. Os preformistas opositores dessa idéia acreditavam que o embrião se localizava no óvulo, precisando apenas do estímulo do sêmen para seu crescimento e desenvolvimento, ou seja, cada pessoa já possuía dentro de si um ou mais homúnculos menores que se desenvolveriam posteriormente. <sup>(18)</sup>

#### **4.1.6.3 Teoria dos caracteres adquiridos**

A teoria dos caracteres adquiridos foi desenvolvida por Jean Baptiste Lamarck (1744-1829) e deu-se através de suas hipóteses evolutivas. Lamarck foi um biólogo francês que propôs na época, um mecanismo evolutivo incorreto. Sua hipótese foi publicada no ano de 1809. Lamarck explicou sua ideia com dois princípios, que na época, eram bastante aceitos. O primeiro deles é a teoria do uso e desuso, e a segunda teoria defendida por ele era a dos caracteres adquiridos, a qual admitia que um indivíduo poderia transmitir os caracteres modificados para sua prole. Deste modo, mudanças durante toda a vida no corpo do indivíduo, seriam transmitidas a descendência, como por exemplo, o aumento de um músculo através do uso repetido. Na atualidade, nosso conhecimento genético discorda deste mecanismo, pois as características são herdadas através dos genes dos pais, diferentemente do modo proposto por Lamarck. <sup>(19)</sup>

#### **4.1.6.4 Teoria do padrão hereditário mesclado**

Por volta de 1800, a maioria das pessoas possuía uma breve ideia de que os pais forneciam material hereditário para seus descendentes, mas poucas delas suspeitavam de que este material fosse organizado como unidades ou genes. Algumas imaginavam que ocorria o padrão hereditário mesclado.

Esta ideia de padrão hereditário mesclado informava que o material hereditário deveria ser um fluido e, conseqüentemente esse fluido era vindo dos pais, e misturar-se-ia na fertilização. Portanto, se ocorresse a mistura dos fluidos, a cor seria um tom mesclado da cor dos pais. Um cavalo branco cruzado com um cavalo preto deveria produzir apenas crias de cor cinza. O padrão hereditário mesclado não explicava as variações visíveis pelas pessoas e foi uma das concepções pré-mendelianas sobre hereditariedade. <sup>(10)</sup> Esta hipótese falha ao explicar o reaparecimento de características que foram omitidas em uma geração, <sup>(19)</sup> pois não é desta forma que a natureza atua. <sup>(20)</sup>

#### **4.1.6.5 Teoria da pangênese**

Em 1859, o naturalista e biólogo, Charles Darwin (1809-1882) publica o livro “A origem das espécies” apresentando sua teoria evolutiva. Em 1838, Darwin deu início a suas teorias sobre as possíveis causas da variação herdável nos seres vivos. Em 1875, seus estudos acerca do assunto são concluídos e incorporados à teoria da pangênese, que foi uma hipótese proposta por Hipócrates e posteriormente desenvolvida.

A teoria da pangênese pressupunha que partes do organismo produziam “gêmulas” que, seriam pequenas partículas direcionadas para as células germinativas, havendo mistura das características da mãe e do pai; essas gêmulas poderiam sofrer alterações que seriam passadas para futuras gerações. Nesta teoria havia um esclarecimento único para todos os mecanismos, que de acordo com suas teorias eram responsáveis pelo surgimento da variação nos indivíduos, podendo ser denominada, também, como “leis da variação”. Apesar de ter sido considerada uma boa iniciativa, a pangênese darwiniana jamais foi estabelecida como teoria da hereditariedade.

Na época em que Darwin incorporou seus estudos na teoria da pangênese, Mendel já havia concluído seus experimentos e publicado seus resultados. Suas leis foram redescobertas em 1900 por três pesquisadores que são: Carl Erich Correns (1864-1933), Erich Tschermak (1871-1962) e Hugo de Vries (1848-1935).<sup>(21)</sup>

#### **4.1.7 A vida de Johann Gregor Mendel**

Johann Mendel (Fig. 5) iniciou sua vida religiosa em 1847, com 25 anos e assim veio o nome Gregor. Nascido no ano de 1822 na região sudeta (Morávia) da Silésia, no Império Austro-Húngaro, Mendel foi criado em um sítio, e por isto já possuía certas noções sobre agricultura e suas aplicações. Em 1839, quando estudava, seu pai sofreu um acidente, e isto acabou provocando dificuldades na vida de sua família, inclusive fome. Não tinha dinheiro para continuar a estudar e se manter, mas, sua irmã fez um empréstimo para que ele pudesse retornar aos seus estudos e finalizá-los. Começou, então, a ministrar aulas particulares e isto foi o que o salvou da pobreza.<sup>(22)</sup> No entanto, as dificuldades de sua família permaneciam, e fizeram com que ele se vinculasse à ordem dos monges agostinianos no monastério de Brünn (atualmente Brno, na República Checa), em 1843. Nesse local estudava-se história natural e agricultura, e foi lá que ele completou seu curso no Philosophical Institute Olmutz.<sup>(23)</sup>



**Figura 5. Gregor Mendel**

Fonte: (Snustad, 2017) <sup>(9)</sup>

Juntamente com estudos teológicos ele cursou agricultura, arboricultura e vinicultura. Em 1849 ensinou Latim, Alemão, Grego e Matemática na pequena cidade de Znaim, mas operava apenas como ajudante de ginásio. Posteriormente submeteu-se a exames para obter o certificado de professor efetivo e foi reprovado. Permaneceu em Viena de 1851 a 1853, onde cursou zoologia, botânica, paleontologia, física e matemática, na Universidade de Viena. Estudou botânica com Franz Unger, um professor que lhe referiu o processo de hibridação de plantas, que veio a ser adotado por Mendel depois que voltou de Viena, em 1854. <sup>(24)</sup> Seus conhecimentos em física e matemática estimularam o uso de métodos experimentais matemáticos em seus estudos de hereditariedade. <sup>(10)</sup> Em 1854, Mendel finalmente iniciou sua carreira como professor substituto.

Em 1857, ao fim de sua educação universitária, Mendel iniciou suas hibridações com ervilhas, mas antes destas experiências, ele trabalhou com o melhoramento de plantas.

Um dos botânicos com qual Mendel trocou cartas foi Karl Von Nägeli (1817-1891). Como Nägeli era uma das máximas autoridades em hibridação de plantas, este autor aconselhou a Mendel que cruzasse variedades de hierácio (Asteraceae). Mendel seguiu seu aconselhamento, porém seus resultados após os experimentos não foram compatíveis com os quais obteve em ervilhas. <sup>(25)</sup>

Em 1866, o trabalho de Mendel foi publicado detalhadamente nos *Anais da Sociedade de Pesquisa em Ciências Naturais* em Brünn, e ele enviou 40 cópias a várias personalidades importantes. Contudo, sua teoria não foi prontamente aceita, sendo ignorada pela maior parte dessas personalidades.

Em 1868, foi nomeado abade, um degrau na hierarquia de padre. <sup>(21)</sup> Em 1871, Mendel, então com 49 anos, encerrou suas pesquisas a fim de se dedicar a seus trabalhos monásticos <sup>(25)</sup>.

O trabalho de Mendel não recebeu a devida atenção naquela época; até mesmo Darwin, que estabeleceu a teoria da evolução e da seleção natural, não foi hábil suficiente para compreender a importância dos achados de Mendel. A maioria dos biólogos do seu tempo não eram habituados a pensar em termos matemáticos, por isso não davam a devida atenção ao trabalho de Mendel. <sup>(9)</sup> Mesmo com duras críticas, Mendel sempre se manteve perseverante em seus experimentos até o fim. Infelizmente, seu trabalho não encontrou naquele período um único cientista que o compreendesse a ponto de descobrir um dos maiores marcos científicos <sup>(22)</sup>.

#### **4.1.8 Os experimentos de Mendel**

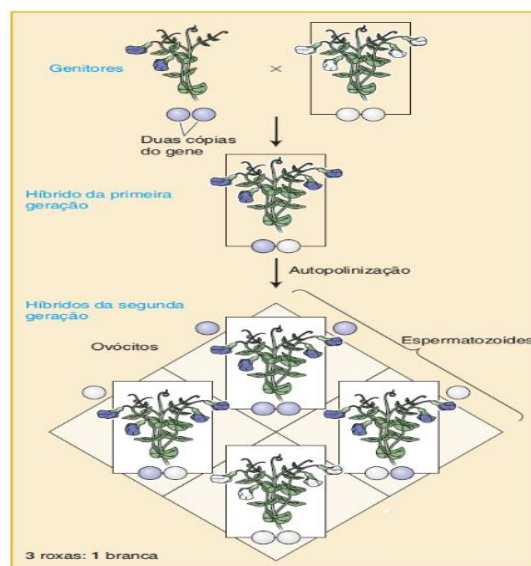
Gregor Mendel estava trabalhando para a compreensão da transmissão das características aos descendentes. <sup>(5)</sup> Ele realizava seu trabalho no jardim do Monastério na cidade de Brünn, Áustria. Mendel realizou a polinização cruzada de diferentes variedades de ervilhas da espécie *Pisum sativum* (Fig. 6).



**Figura 6. Vagens abertas de ervilhas da espécie *Pisum sativum***

Fonte: (Snustad, 2017) <sup>(9)</sup>

Um dos primeiros experimentos de Mendel foi o cruzamento entre uma variedade de ervilhas com flores roxas e outra com flores brancas (Fig. 7); em seus registros toda a primeira geração híbrida desse cruzamento apresentou flores roxas, não havendo mistura. Posteriormente autopolinizou as plantas híbridas da primeira geração e cultivou uma segunda geração da descendência. Entre a prole, foram observadas plantas com flores roxas e plantas com flores brancas. Das 929 plantas, ele registrou 705 com flores roxas e 224 com flores brancas. Mendel indicou o valor aproximado de três plantas com flores roxas para cada planta com flores brancas.



**Figura 7. Esquema do experimento de Mendel, envolvendo o cruzamento de variedades de ervilhas com flores roxas e brancas.**

Fonte: (Griffiths, 2016) <sup>(20)</sup>

Dessa forma, ele propôs que os fatores que atuam sobre os traços agem como partículas ao invés de líquidos, e que essas partículas não se mesclam em conjunto, sendo transmitidas intactas de uma geração a outra. Presentemente essas partículas são conhecidas como genes. <sup>(21)</sup>

Graças a Mendel, surgiu a genética moderna, após a redescoberta de suas leis; quando ele iniciou seus estudos sobre hereditariedade, a idéia do padrão hereditário mesclado (teoria da mistura) era comum. Ele desenvolveu sua teoria em torno de 1857; neste período, realizou cruzamentos de plantas de ervilhas na horta do Mosteiro para estudar hereditariedade. As razões para Mendel escolher ervilhas no seu trabalho foram: a disponibilidade delas em muitas variedades, como por exemplo, a cor das flores; as ervilhas eram de fácil cultivo, possuíam crescimento rápido e geravam muitos descendentes a cada cruzamento, facilitando a realização de seus experimentos. Nos anos que passou trabalhando no princípio da herança em plantas, Mendel fez cruzamentos e constatou as características resultantes de 24.034 plantas. A análise minuciosa dos dados possibilitou-lhe a proposição de uma nova teoria de como a herança poderia ocorrer. <sup>(10)</sup>

Sua base em Matemática lhe permitiu que utilizasse estatística em seus cruzamentos experimentais. Mendel elaborou estudos iniciais com vários animais e plantas para executar cuidadosamente seus experimentos.

As ervilhas tinham uma geração curta e ainda que elas se autopolinizassem, permitiam ser polinizadas cruzadamente para o propósito do experimento. Mendel escolheu 22 variedades para seus experimentos. Quando essas variedades se autofecundavam, os descendentes eram como as plantas parentais e umas iguais às outras. Ao contrário de seus predecessores, Mendel estudou a herança de caracteres simples e distintos, podendo distinguir um do outro facilmente, tais como forma da semente, cor da semente e cor da flor. <sup>(26)</sup>

Ao realizar metodologias em relação à herança dos caracteres individuais, ele manteve registros acatados dos números de descendentes que expressavam cada característica. Utilizou seus conhecimentos das leis da probabilidade matemática para interpretar os resultados. Mendel simplesmente

ansiava em observar fatos objetivamente, e pelo propósito de seu experimento, caso fosse necessário, colocaria até suas próprias crenças de lado. Isto foi um dos atributos que tornou seus experimentos tão aplicáveis hoje quanto foram em seu tempo.

Ao cumprir-se os experimentos de hibridização em ervilhas, Mendel visava a:

estabelecer o número de formas diferentes em que a progênie híbrida aparecia;

viabilizar com certeza a classificação destas formas em cada geração;

verificar suas interrelações numéricas.

Disposto a realizar esta ideiação, ele escolheu diferenças entre as variedades que pudessem ser claramente distinguíveis e, com o anseio de encontrar resultados significativos, trabalhou com populações numerosas.

Com esses experimentos, Mendel desejava verificar se nesses cruzamentos entre os híbridos poderiam ocorrer mudanças que potencialmente levariam ao desenvolvimento ou não de uma nova espécie.

As experiências de Mendel basearam-se na prática da fertilização artificial e apresentaram a finalidade de acompanhar o desenvolvimento de formas híbridas em suas progênies. Elas foram realizadas durante um período de 8 anos. <sup>(22)</sup>

#### **4.1.8.1 O Cruzamento monoíbrido de Mendel**

Após certificar-se que suas plantas de ervilhas eram de linhagem pura, Mendel estava preparado para realizar um experimento de fecundação cruzada entre duas linhagens. Os experimentos introdutórios foram denominados cruzamentos monoíbridos, pois os descendentes eram híbridos, isto é, resultavam de duas linhagens diferentes, que diferiam somente em uma característica.

Se a teoria do padrão hereditário mesclado fosse correta, conseqüentemente o cruzamento produziria descendentes com uma aparência intermediária associada aos pais. Por exemplo, o descendente de um cruzamento entre planta alta e planta baixa, seria intermediário em altura.

Mendel denominou os parentes originais de geração P e a primeira geração de descendentes de geração F<sub>1</sub> (para filial). Ele efetuou cruzamentos recíprocos: primeiro, friccionou o pólen de plantas altas nos estigmas de plantas baixas, e depois friccionou o pólen de plantas baixas no estigma de plantas altas. Em ambos os casos, todos os descendentes F<sub>1</sub> assemelhavam-se aos pais altos.

Ele analisou um alto número de plantas e para este cruzamento particular, contou 1064 plantas das quais 787 eram altas e 277 eram baixas. Em todos os cruzamentos realizados foram encontradas as proporções de 3:1 na geração F<sub>2</sub>.

Sua abordagem matemática possibilitou que ele compreendesse e interpretasse estes resultados diferentemente dos cruzadores anteriores. Ele entendia que a mesma proporção era obtida entre a geração F<sub>2</sub>, sempre para o mesmo tipo de cruzamento a despeito da característica particular, e considerou a explicação de que uma proporção 3:1 entre os descendentes era possível se:

1. Os parentes F<sub>1</sub> contivessem duas cópias separadas de cada fator hereditário, sendo um deles dominante e o outro recessivo.
2. Os fatores se separassem quando os gametas eram formados e cada gameta levasse somente uma cópia de cada fator.
3. Na fertilização ocorresse fusão ao acaso de todos os gametas possíveis.

Desse modo, Mendel chegou à primeira de suas leis da herança – a Lei da Segregação: “Cada organismo contém dois fatores para cada característica e os fatores segregam durante a formação dos gametas, de modo que cada gameta contém somente um fator para cada característica”.<sup>(23)</sup> Sua lei pôde então ser proposta para a primeira geração filial (F<sub>1</sub>) e para obtenção dos resultados na segunda geração filial (F<sub>2</sub>).

#### 4.1.8.2 Recomendações de Mendel

Para a realização de seus experimentos, Mendel recomendava os seguintes cuidados:

- Que as plantas possuíssem caracteres constantes e contrastantes;
- Que ao longo do período de florescimento, seus híbridos estivessem livres de qualquer influência de pólen estranho, ou então, devessem ser facilmente protegidos;
- Que os híbridos e suas progênes não devessem sofrer marcadas alterações em sua fertilidade nas gerações sucessivas.

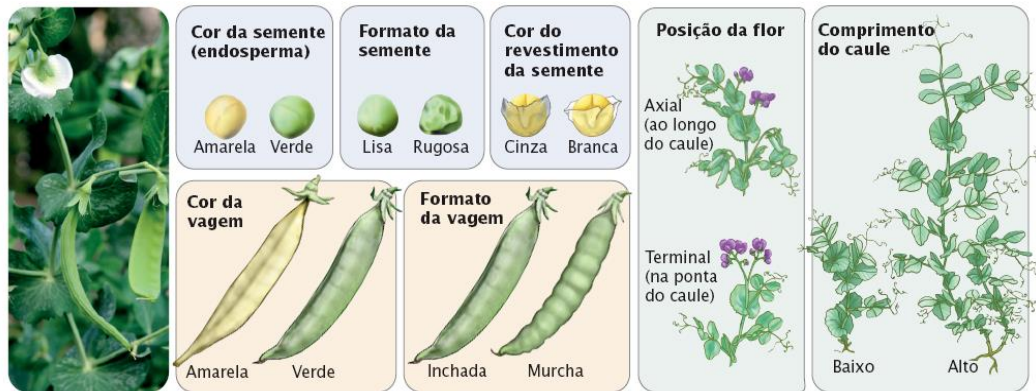
Em suas experiências feitas com leguminosas, Mendel observou que o gênero *Pisum* apresentava as qualificações fundamentais.

Algumas formas bem distintas deste gênero portam caracteres que são constantes, reconhecíveis com facilidade e certeza, e quando seus híbridos são cruzados entre si, dão origem a uma progênie perfeitamente fértil.

Além disso, facilidade de cultura das plantas e o período de crescimento relativamente curto, bem como os órgãos de fertilização protegidos pela quilha, são outros atributos que tornam essa planta material adequado para a realização dos experimentos. <sup>(27)</sup>

#### 4.1.8.3 Divisão e arranjo das experiências:

Para a fertilização, de 34 variedades, 22 foram escolhidas de início; as plantas foram selecionadas e cultivadas durante as experiências. Para o cruzamento, foram escolhidas ervilhas que mostraram diferenças em várias características associadas à haste, às folhas, às flores, às vagens, às sementes, e aos cotilédones (Fig. 8)



**Figura 8. As sete Características observadas por Mendel e analisadas em seus experimentos.**

Fonte: (Pierce, 2016) <sup>(11)</sup>

Os resultados devem mostrar se eles, em seu todo, evidenciam um comportamento regular nos híbridos e se, destes eventos, qualquer conclusão poderia ser tirada em relação aos caracteres que estão sendo considerados.

Mendel, então, selecionou os seguintes caracteres para a experiência:

1. A forma das sementes maduras (lisas ou rugosas);
2. Cor do albume (ou endosperma) da semente (amarelado ou esverdeado);
3. Cor do tegumento da semente (branco ou cinzento);
4. Forma das vagens maduras (lisas ou sulcadas);
5. Cor das vagens imaturas (verde ou amarela);
6. Posição das flores (axial ou terminal);
7. Comprimento da haste (alta ou baixa).

## As Formas dos Híbridos

As experiências demonstraram que os híbridos não são intermediários aos pais. No caso dos híbridos de ervilhas dos sete tipos de cruzamentos, o caráter do híbrido aproxima-se estreitamente daquele de uma das formas paternas; o outro, escapa completamente à observação. Os caracteres que são transmitidos completamente ou quase inalterados na hibridação e, por isso, constituem os caracteres do híbrido, foram intitulados dominantes e os que se tornam latentes, foram chamados recessivos. O termo recessivo foi escolhido porque os caracteres assim designados escondem-se ou desaparecem inteiramente nos híbridos, não obstante, reaparecem inalterados na progênie.

A experiência realizada apontou não ter relevância se o caráter dominante pertence à planta fêmea ou à planta macho; em ambos os casos, a forma do híbrido permanece igual.

Dos caracteres em contraste, utilizados na experiência, são dominantes:

1. A forma lisa da semente;
2. A cor amarela do cotilédone;
3. A cor cinzenta do tegumento da semente;
4. A forma lisa da vagem;
5. A cor verde da vagem imatura;
6. A posição axial das flores;
7. A haste mais longa

## A Primeira Geração dos Híbridos (F<sub>2</sub>)

Nesta geração, os caracteres recessivos aparecem novamente, junto com os dominantes, numa proporção de 3 dominantes para 1 recessivo (3:1). Isto ocorre sem exceção, com todos os caracteres que foram averiguados na experiência, sem a ocorrência de formas de transição.

Nos resultados gerais, os números relativos obtidos para cada par de caracteres em contraste, são indicados na tabela abaixo:

Caráter	Fenótipos		Total	Razão
Forma das Sementes	Lisas 5474	Rugosas 1850	7324	2,96: 1
Cor dos Albumes	Amarelos 6022	Verdes 2001	8023	3,01: 1
Cor do Tegumento da Semente	Cinzas 705	Branco 224	929	3,15: 1
Forma das Vagens	Lisas 882	Rugosas 299	1181	2,95:1
Cor das Vagens Imaturas	Verdes 428	Amarelas 152	580	2,82: 1
Posição das Flores	Axilares 651	Terminais 207	858	3,14: 1
Comprimento da Haste	Longas 787	Curtas 277	1064	2,84: 1

Fonte: (Graner, 1965) <sup>(17)</sup>

Reunindo-se todos os resultados, encontramos entre as formas com caracteres dominantes e recessivos uma razão média de 2,98: 1 ou aproximadamente 3: 1. <sup>(26)</sup>

## 5. Aplicação do teste de $\chi^2$ aos resultados de Mendel

### 5.1 O teste do $\chi^2$ – generalidades

O teste do qui-quadrado é um teste estatístico que permite converter os desvios ocorridos dos valores previstos num valor de probabilidade de que esses desvios ocorreram devido ao acaso. Ao aplicarmos esse teste, devemos levar em consideração duas hipóteses: - a hipótese nula ( $H_0$ ) – que é a proposição de que o desvio entre o valor observado e o valor esperado deve-se unicamente ao acaso; e a hipótese alternativa ( $H_1$ ) – que é a proposição de que o desvio das frequências observadas são significativamente diferentes das esperadas.

Duas características importantes que devem ser consideradas em relação a esse teste são:

- O tamanho da amostra.
- O número de variáveis (graus de liberdade).

Existem algumas limitações associadas ao teste do qui-quadrado. A primeira delas é que para os dados obtidos não devem ser usados valores em porcentagens ou em razões, mas tão somente valores numéricos. Além disso, o teste não poderá ser aplicado adequadamente para experimentos que forneçam resultados com valores de frequência esperada inferior a 5 em relação a qualquer uma das características consideradas. <sup>(28)</sup>

A segunda característica importante do teste refere-se ao número de variáveis em consideração, ou seja, o grau de liberdade. Em nosso caso, o número de graus de liberdade é igual ao número de classes em consideração menos 1. Como o número de classes consideradas é igual a 2 (dominante e recessivo), o número de graus de liberdade será igual a 1. Em relação ao grau de liberdade, é importante ressaltar que quanto maior o número de classes, maior será a oportunidade de ocorrerem desvios casuais. <sup>(29)</sup>

Uma vez determinado o número de graus de liberdade, podemos interpretar os valores de  $\chi^2$  em termos de probabilidade. Para isso, é necessário consultar uma tabela de  $\chi^2$  (Anexo A).

Ao se consultar os valores de probabilidade na tabela de qui-quadrado, para aceitarmos ou rejeitarmos os valores dos desvios torna-se necessário levar em consideração um nível de significância. Esse nível, na maioria dos casos, apresenta o valor de 0,05 de probabilidade. Esse é um valor limítrofe e se obtivermos um valor de  $\chi^2$  igual ou menor do que aquele indicado pela probabilidade 0,05 (em nosso caso, 3,84), aceitamos os resultados (isso é indicativo de que o acaso pode ser responsável pelos desvios entre os valores observados e os esperados); se esse valor for maior do que o indicado pela probabilidade de 0,05, rejeitamos os resultados (isso é indicativo de que um outro fator que não o acaso é responsável pelos desvios entre os valores observados e os esperados).<sup>(11)</sup>

## 5.2 Aplicação do teste do $\chi^2$

Os sete resultados obtidos nos experimentos de Mendel foram submetidos ao teste do  $\chi^2$ . Os caracteres foram enumerados de 1 a 7 e os resultados dispostos em tabelas com os valores de  $\chi^2$  para cada um deles e os respectivos valores de probabilidades a fim de se saber se esses valores eram devidos (não significativos) ou não devidos (significativos) ao acaso. Para a determinação dos valores de  $\chi^2$ , utilizamos a fórmula seguinte:

$$\chi^2 = \sum (O-E)^2/E, \text{ onde:}$$

$\chi^2$  = qui-quadrado;  $\Sigma$  = indica somatória; O = valor observado em cada classe com n classes consideradas; E = valor esperado em cada classe. A diferença entre o valor observado e o valor esperado corresponde ao desvio. Na tabela 1 abaixo estão indicados os resultados obtidos por Mendel e os respectivos valores de  $\chi^2$  em relação ao cruzamento de plantas de ervilhas quanto ao caráter forma das sementes. As tabelas contendo os resultados obtidos por Mendel em relação aos demais caracteres e seus correspondentes

valores de  $\chi^2$  encontram-se indicadas no Anexo B. Nas tabelas, indica-se o número de graus de liberdade por GL.

Tabela 1 - Caráter – Forma das Sementes

<b>Fenótipos</b>	<b>O</b>	<b>E</b>	<b>O-E</b>	<b>(O-E)<sup>2</sup></b>	<b>(O-E)<sup>2</sup>/E</b>	
Lisas	5474	5493	-19	361	0,06572	
Rugosas	1850	1831	19	361	0,19716	
Total	7324	7324			1,03732	
GL = 1					$\chi^2 = 1,03732$	$0.7 < P < 0,8$

No cruzamento acima indicado, bem como nos outros apontados no Anexo B, os resultados apresentam valores de probabilidade variando de 0,3 a 0,95. Em um desses resultados (cor dos albumes), onde o número de indivíduos da amostra é o maior, observam-se desvios menores em relação ao número de plantas analisadas e conseqüentemente, maiores valores de probabilidade.

## 6. ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS

A análise comparativa dos livros didáticos foi realizada com base nos aspectos discriminados no Quadro 1, com a devida indicação dos critérios associados a cada um desses aspectos conforme referido em “Materiais e Métodos”.

**Quadro 1.** Análise dos Livros Didáticos do Ensino Médio.

<b>Aspectos</b>	<b>Livro 1</b>	<b>Livro 2</b>	<b>Livro 3</b>
Ilustrações	Ótimo	Ótimo	Ótimo
Linguagem adequada	Ótimo	Ótimo	Ótimo
Informações relevantes	Ótimo	Ótimo	Ótimo
Conteúdo	Ótimo	Ótimo	Ótimo
Atividades	Ótimo	Ótimo	Bom
Formato	Ótimo	Ótimo	Bom
Estrutura Geral	Bom	Ótimo	Regular

- 1- O primeiro livro analisado (livro 1) conta com 3 módulos e 12 capítulos. O primeiro capítulo intitula-se “Lei da herança genética”, no módulo 1 (Fundamentos de genética), onde já é abordada a 1ª Lei de Mendel e seus experimentos; inicialmente, são apresentadas as 7 características estudadas por Mendel e as estruturas da flor. O conteúdo possui uma excelente introdução precedente aos capítulos; é relevante, bem estruturado e as informações estão corretas, despertando o interesse do aluno. As atividades são de fácil interpretação, estimulam o raciocínio, porém os exercícios não são diversificados, pois seguem um mesmo padrão. Esse livro contém bastante ilustrações, que são chamativas. Seu formato é ideal, com elevada qualidade; a linguagem é adequada aos alunos. O único ponto a ressaltar é que em alguns momentos da leitura nota-se um excesso de informações como “curiosidades”. Possui sumário e referências bibliográficas, não contém glossário e nem índice remissivo.

- 2- O livro 2 conta com 3 unidades e 13 capítulos. No capítulo 6 da unidade 2 aborda-se a primeira lei de Mendel. Há uma explicação clara da primeira lei e dos conceitos e processos relacionados a ela; a temática genética permanece até o capítulo 10. O formato do livro é ótimo e as muitas ilustrações que apresenta são inseridas adequadamente, de acordo com o assunto. O conteúdo é relevante, as informações estão corretas, as atividades são interessantes, diversificadas e completas. Possui sumário, referências bibliográficas, glossário e índice remissivo.
  
- 3- O livro 3 conta com 3 unidades e 12 capítulos. A unidade 2 aborda o tema genética e é no capítulo 6 que são apresentados os trabalhos de Mendel, iniciando-se a abordagem da primeira lei. O formato do livro é ótimo, porém sua estrutura é regular em comparação aos outros livros analisados; o conteúdo é relevante, as ilustrações são ótimas, as informações estão corretas e as atividades são boas. Além disso, aborda de forma clara, temas do dia a dia e os que se relacionam com a vivência do aluno. Possui sumário, mas não contém glossário e nem índice remissivo. Os autores não indicam bibliografia, mas somente referências de sites e sugestões de leitura ao aluno.

## 7. PLANO DE AULA

O plano de aula segue os itens indicados no quadro 2.

**Quadro 2 – Plano de Aula**

<b>Disciplina</b>	Biologia
<b>Série:</b>	2º ano do Ensino Médio
<b>Tema da aula:</b>	Genética- 1ª Lei de Mendel
<b>Objetivos Gerais</b>	Ao fim da apresentação do conteúdo, visa-se que o aluno entenda a primeira lei de Mendel, e saiba quem foi Gregor Mendel e como seus experimentos contribuíram para a genética.
<b>Objetivos</b>	Pretende-se que o aluno consiga analisar os resultados obtidos por Mendel em seus experimentos, e assimile porque o método e o material escolhido foram cruciais para o sucesso desses experimentos. Objetiva-se, também, que o aluno compreenda os conceitos e termos básicos da introdução ao estudo da Genética. E, além disto, entenda como funciona e para que serve o teste de qui-quadrado.
<b>Conteúdo programático</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Genética básica- introdução</li> <li>✓ Primeira Lei de Mendel</li> <li>✓ Experimentos de Mendel</li> <li>✓ Análise dos Resultados</li> </ul>
<b>Metodologia</b>	Aula expositiva.
<b>Materiais e métodos</b>	Os meios utilizados para a apresentação da aula serão caneta, lousa e <i>Datashow</i> . As aulas serão ministradas com uso de slides com textos, tópicos, informações e figuras. Ao final da aula serão realizadas atividades em grupo para exercitar e compreender o assunto.
<b>Avaliação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Exercícios em sala de aula</li> <li>✓ Seminários</li> <li>✓ Participação dos alunos</li> <li>✓ Trabalhos extraclasse</li> <li>✓ Avaliação geral</li> </ul>
<b>Bibliografia</b>	<p>Amabis JM, Martho GR. Biologia: Biologia moderna. Volume 3. 1ª ed. São Paulo: Moderna; 2016. 355p.</p> <p>Mendonça VL. Biologia. Volume 3. 3ª ed. São Paulo: AJD; 2016. 384p.</p> <p>Lopes S, Rosso S. Bio. Volume 3. 3ª ed. São Paulo: Saraiva; 2016. 289p</p> <p>Krasilchik M. Prática de Ensino de Biologia. 4º ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo; 2008. 197p.</p>

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se analisar os livros didáticos, um dos principais materiais de suporte às aulas, pôde-se observar que esses três livros têm um ponto comum de concordância: enfatizam os trabalhos de Mendel, destacando os principais tópicos empregados em sua metodologia.

Efetivamente, o sucesso de Mendel deveu-se, sobretudo, à rigorosa obediência à metodologia utilizada para a realização de seus experimentos. As características das plantas da espécie *Pisum sativum* foram extremamente adequadas para seu sucesso ao longo das etapas do desenvolvimento de seu trabalho. Mendel, além disso, anotava cuidadosamente os resultados e os analisava estatisticamente, procedimento que foi, sem dúvida, fundamental para as conclusões que o levaram a formular aquela que seria conhecida como a primeira de suas leis.

Vários fatores favoreceram seus trabalhos com as ervilhas, pois essas plantas apresentam uma geração relativamente curta e são de fácil cultivo. Embora sejam plantas que se reproduzem por autofecundação, respondem normalmente aos procedimentos de fertilização cruzada, que foram utilizados por Mendel. Além disso, os caracteres que Mendel se propôs estudar eram de fácil distinção. Uma vez que seu objetivo inicial era a observação da herança de mistura de caracteres, ele efetuava cruzamentos entre duas linhagens diferentes (verde, amarela; lisa, rugosa) a fim de verificar se os híbridos eram intermediários em relação aos pais.

Neste trabalho, os resultados dos cruzamentos realizados por Mendel analisados pelo teste do  $X^2$ , mostraram que em todos os seus experimentos os valores de  $X^2$  eram compatíveis com os de probabilidades aceitáveis, indicando, portanto, que os desvios entre os valores observados e os esperados eram devidos ao acaso.

Durante certo tempo, a teoria de Mendel, aparentemente se contrapôs à teoria da seleção natural de Darwin, pois esta explicava o fenômeno da mudança e aquela, o de estabilidade do material da hereditariedade.<sup>(22)</sup> Isto ocorreu bem no início do século XX, quando o trabalho de Mendel promoveu ceticismo em

relação ao papel criativo da seleção natural o que retardou materialmente a integração da genética mendeliana com a teoria darwiniana. Tal fato contribuiu como um dos eventos que impulsionaram o período Agnóstico do Evolucionismo até o surgimento da Teoria Sintética da Evolução, que integrou definitivamente o mendelismo à seleção natural de Darwin. <sup>(24,30)</sup>

O modelo mendeliano lidava com a transmissão de características parentais de fatores hereditários previsíveis para seus descendentes. Entretanto a teoria Darwiniana priorizava a importância para a evolução da variação contínua presente nas populações naturais, mantendo a teoria de que a evolução era um processo lento e gradual do acúmulo de pequenas variações a partir de seleção natural. <sup>(19)</sup>

É importante ressaltar que Mendel realizou vários cruzamentos de plantas, além dos citados e, provavelmente, não deve ter obtido resultados tão compatíveis quanto os indicados em seu trabalho. Estes resultados, como se sabe, foram confirmados por outros pesquisadores, pois em 1900, suas leis foram redescobertas por Correns, von Tschermak e de Vries, pesquisadores que comprovaram a teoria de Mendel em suas pesquisas,<sup>(21)</sup> que, desta forma passaram ser conhecidas no mundo todo. Pode-se considerar a data de 1900 como o marco inicial em que a Genética surgiu como um dos campos científicos que mais se desenvolveu no século XX e continua, ainda, a contribuir progressiva e rapidamente para o acervo do conhecimento científico ao longo do século atual. <sup>(28,29)</sup>

## REFERÊNCIAS

- (1) Théodorides J. História da Biologia. 1ª ed. São Paulo: Edições 70; 1965. 122p.
- (2) Shigunov NA. História da Educação Brasileira. Do período colonial ao predomínio das políticas educacionais neoliberais. 1ª ed. São Paulo: Salta; 2015. 277p. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522498390/> [2020 jul. 22].
- (3) Azevedo F. A transmissão da cultura. 5ª ed. São Paulo: Melhoramentos; 1976. 268p.
- (4) Parâmetros curriculares nacionais, Ensino médio Parte III. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf> [2020 mai. 15]
- (5). Pedrancini VD, Corazza-Nunes MJ, Galuch MTB, Moreira ALOR, Ribeiro AC. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. 2007. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 6, Nº 2, 299-309. Disponível em: [http://reec.webs.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5\\_Vol6\\_N2.pdf](http://reec.webs.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N2.pdf) [2020 mai. 29]
- (6) Duré RC, Andrade MJD, Abílio FJP. Ensino de Biologia e Contextualização do conteúdo: quais temas o aluno de ensino médio relaciona com o seu cotidiano? Experiências em Ensino de Ciências Vol.13, Noº1 2018. Disponível em: [http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo\\_ID471/v13\\_n1\\_a2018.pdf](http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID471/v13_n1_a2018.pdf) [2020 mai. 16]
- (7) Giordan AVG. As origens do Saber. 2ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas; 1996. 215p.
- (8) Bachelard GA. Imaginação na ciência, na poética e na sociologia. 1ª ed. São Paulo: Annablume; 2005. 224p

(9) Snustad DPJ, Simmons MJ. Fundamentos de Genética. 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2017. 600p. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788527731010/> [2020 jul.04]

(10) Starr C, Taggart R, Evers C, Starr L. Biologia unidade e diversidade da vida. 3ª Ed. São Paulo: Cengage Learning; 2012. 344p.

(11) Pierce, BA. Genética - Um Enfoque Conceitual, 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2016. 780p. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788527729338/>

[2020 jul. 04].

(12) Cães, raça Cocker Spaniel. Disponível em: <https://www.racasdecachorro.com.br/cocker-spaniel-ingles/>

[2020 out. 05]

(13) Cromossomos; genética molecular. Disponível em: <https://www.portalsaofrancisco.com.br/biologia/genetica-molecular>

[2020 set. 05]

(14) Genética de populações. Disponível em: <https://www.planetabiologico.com.br/evolucao/genetica-de-populacoes/>

[2020 set. 05]

(15) Oriques B, Barbosa BLF. Genética Básica. Porto Alegre: Sagah; 2018. 260p. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595026384/> [04/07/2020].

(16) Pimentel M. Santos-Rebouças C. Gallo C. Genética Essencial. 1ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2013. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-277-2268-1/>

[2020 nov. 01].

(17) Graner, EA. Elementos de Genética. Bases para o melhoramento de plantas e animais. 4ª ed. São Paulo: Ed. Melhoramentos; 1965. 281p.

(18) Castañeda, LA. História natural e as ideias de geração e herança no século XVIII: Buffon e Bonnet. Hist. cienc. saude-Manguinhos [online]. Vol.2, n.2: 33-50; 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-59701995000300003>.

[2020 out. 15]

(19) Reece JB, Urry LA, Cain ML, Wasserman SA, Minorsky PV, Jackson RB. Biologia de Campbell. 10ª ed. São Paulo: Artmed; 2015.1488p.

(20) Griffiths AJF, Wessler SR, Carroll SB, Doebley J. Introdução à Genética; 11ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2016. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788527729963/>

[2020 jul. 2020].

(21) Arcanjo FG, Silva EP. Pangênese, genes, epigênese. 2017. Hist. cienc. saude-Manguinhos vol.24 no.3 Rio de Janeiro July/Sept. 2017

Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-59702017000300707](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702017000300707) [2020 fev. 05]

(22) Freire-Maia N. Gregor Mendel Vida e Obra. São Paulo: Ed. Quieroz; 1995. 103p.

(23) Mader LN. A History of the Life Sciences. 3<sup>rd</sup> ed. Boca Raton: CRC Press; 2002. 502p.

(24) Olby R. Gregor M. (1822-1884). In: Ruse, M., & Travis J. (ed.). Evolution. The First Four Billion Years. Cambridge: Harvard University Press; 2009. 979p.

(25) Hull, David L. Mendel, Gregor (1822-84). In: Audi R. (ed.). The Cambridge Dictionary of Philosophy. 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge: Cambridge University Press; 1999. 1039p.

(26) Mader S. Biology. 6<sup>th</sup> ed. Boston. WCB/McGraw-Hill; 1998. 974p.

(27) Mendel G. Experiências sobre hibridação de plantas, 1865. In: Graner EA. Apêndice. Elementos de Genética. 4ª Ed. São Paulo: Edições Melhoramentos; 1965. 281p.

(28) Stansfield WD. Genética. 2ª ed. São Paulo: Mcgraw-hill do Brasil; 1985. 514p.

(29) Levine L. *Biologia do Gene*. São Paulo: Ed. Edgard Blücher; 1977. 405p.

(30) Dodson EO, Dodson P. *Evolution: Process and Product*. 2<sup>nd</sup> ed. New York: D. Van Nostrand; 1976. 440p.

## ANEXOS

Anexo A - Tabela de Distribuição de  $\chi^2$ 

Graus de Liberdade	Probabilidade										
	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001
1	0,004	0,02	0,06	0,15	0,46	1,07	1,64	2,71	3,84	6,64	10,83
2	0,10	0,21	0,45	0,71	1,39	2,41	3,22	4,60	5,99	9,21	13,82
3	0,35	0,58	1,01	1,42	2,37	3,66	4,64	6,25	7,82	11,34	16,27
4	0,71	1,06	1,65	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78	9,49	13,28	18,47
5	1,14	1,61	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24	11,07	15,09	20,52
6	1,63	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,64	12,59	16,81	22,46
7	2,17	2,83	3,82	4,67	6,35	8,38	9,80	12,02	14,07	18,48	24,32
8	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,03	13,36	15,51	20,09	26,12
9	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,66	12,24	14,68	16,92	21,67	27,88
10	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,78	13,44	15,99	18,31	23,21	29,59
	NÃO Significativo								Significativo		

ANEXO B- Tabelas (2 a 7) de valores de  $\chi^2$ 

Tabela 2. Caráter – Cor dos albumes

Fenótipos	O	E	O-E	(O-E) <sup>2</sup>	(O-E) <sup>2</sup> /E	
Amarelos	6022	6017	5	25	0,00415	
Verdes	2001	2006	-5	25	0,01247	
Total	8023	8023			0,01662	
GL = 1					$\chi^2 = 0,01662$	0,9 < P < 0,95

Tabela 3 Caráter – Cor do Tegumento das Sementes

Fenótipos	O	E	O-E	(O-E) <sup>2</sup>	(O-E) <sup>2</sup> /E	
<b>Cinzas</b>	705	697	8	64	0,09182	
<b>Branças</b>	224	232	-8	64	0,27586	
<b>Total</b>	929	929			0,36768	
<b>GL = 1</b>					$\chi^2 = 0,36768$	$0.5 < P < 0.7$

Tabela 4 Caráter – Forma das vagens

Fenótipos	O	E	O-E	(O-E) <sup>2</sup>	(O-E) <sup>2</sup> /E	
<b>Lisas</b>	882	886	-4	16	0,01806	
<b>Rugosas</b>	299	295	4	16	0,05424	
<b>Total</b>	1181	1181			0,0723	
<b>GL = 1</b>					$\chi^2 = 0,0723$	$0,7 < P < 0,8$

Tabela 5. Caráter – Cor das Vagens Imaturas

Fenótipos	O	E	O-E	(O-E) <sup>2</sup>	(O-E) <sup>2</sup> /E	
<b>Verdes</b>	428	435	-7	49	0,11264	
<b>Amarelas</b>	152	145	7	49	0,33793	
<b>Total</b>	580	580			0,45057	
<b>GL = 1</b>					$\chi^2 = 0,45057$	$0,5 < P < 0,7$

Tabela 6 – Posição das flores

Fenótipos	O	E	O-E	(O-E) <sup>2</sup>	(O-E) <sup>2</sup> /E	
<b>Axilares</b>	651	644	7	49	0,07608	
<b>Branças</b>	207	214	-7	49	0,22897	
<b>Total</b>	858				0,30505	
<b>GL = 1</b>					$\chi^2 = 0,30505$	$0.5 < P < 0.7$

Tabela 7. Caráter – Comprimento da Haste

Fenótipos	O	E	O-E	(O-E) <sup>2</sup>	(O-E) <sup>2</sup> /E	
<b>Longa</b>	787	798	-11	121	0,15163	
<b>Curta</b>	277	266	11	121	0,45489	
<b>Total</b>	1064				0,60652	
<b>GL = 1</b>					$\chi^2 = 0,60652$	$0.3 < P < 0.5$